

コーディネーショントレーニングがワーキングメモリに及ぼす影響

椿 武* 長 坂 昌 恵**

Effects of coordination training on working memory

Takeshi TSUBAKI* Masae NAGASAKA**

要 旨

コーディネーショントレーニングとは、多種多様な刺激で脳の神経回路を強化し、「動きのもと」を作り出すように考えられた運動であり、“学ぶ力”を得ることを最大の目的としたトレーニングである。これまでにコーディネーショントレーニングによる脳の活性部位の研究は行われているが、記憶力が向上することに関する研究はあまり行われていない。そこで本研究では、コーディネーショントレーニングが記憶力を司るワーキングメモリにどのような影響を与えるのか明らかにすることを目的とした。被験者は成人男女14名であり、無作為に抽出した7名をトレーニング群とコントロール群に区分した。トレーニングは、1回30分のトレーニングを週1回1カ月間実施した。トレーニングの評価には、脳の記憶力を評価するリーディングスパンテストと、体力面での向上を評価するために4項目の体力テストを実施した。その結果、体力テストにおいてはどの項目においても、有意な向上は認められなかったものの、リーディングスパンテストにおいては有意な向上が認められた。以上のことから、本研究で行ったコーディネーショントレーニングによってリーディングスパンテストの正答数が向上し、ワーキングメモリにポジティブな効果をもたらすことが明らかとなった。

キーワード：コーディネーショントレーニング，ワーキングメモリ，リーディングスパンテスト，体力テスト

1. はじめに

コーディネーショントレーニングとは、多種多様な刺激で脳の神経回路を強化し、脳に記憶させ、状況に応じたスムーズな「動きのもと」を作り出すように考えられた運動であり、運動を早く学習できるようにするための“学ぶ力”を得ることを最大の目的としたトレーニングである¹⁾。コーディネーション (Coordination) とは、「同調」や「調整」という意味を持ち、医学やスポーツの分

野では、筋肉と神経の「運動の協調性」という意味で使われている言葉である。1970年代に旧東ドイツのスポーツ運動学者がアスリートを育成する為に国策として考案されたトレーニング方法であり、旧共産圏を中心に研究・開発が進められた。現在、スポーツ科学の分野では、競技力を高める「情報系・神経系のトレーニング」としてヨーロッパを中心に幅広く用いられている。アメリカにおいても、運動制御研究の根幹にコーディネーション能力をすえた研究が進められており、日本では

スポーツの分野のみならず，子どもの体力低下や高齢化社会などの問題に対する解決策として，注目を浴びている。

コーディネーション能力は，表1のように7つの能力に分類されており，これらの能力を高めることで運動神経は向上するといわれている^{1,2)}。また，7つの能力をトレーニングにより養うことで，体力測定等の結果が向上するという文献が数多く散見される⁶⁾。また，コーディネーショントレーニングの特徴として高負荷を用いないトレーニングであることから，発達障がいや情緒障害，精神障害，認知症などの方を対象とした健康増進目的や介護予防運動にも有用である可能性も示唆されている^{5,10)}。

表1 7つのコーディネーション能力

定 位 能 力	相手やボールなど自分の位置関係を把握する能力
変 換 能 力	状況に合わせて，素早く動作を切り替える能力
連 結 能 力	関節や筋肉の動きを，タイミングよく同調させる能力
反 応 能 力	合図に素早く，正確に対応する能力
識 別 能 力	手や足，用具などを精密に操作する能力
リ ズ ム 能 力	動きを真似したり，イメージを表現する能力
バランス能力	不安定な体勢でもプレーを継続する能力

ワーキングメモリとは，「私たちが会話する，本を読む，計算する，というように情報を処理しながら聞いたり読んだりした内容，あるいは計算した結果などの処理した内容をほんのわずかの間だけ憶えておかなければならない場面で，目標に向かって情報を処理しつつ，一時的に必要な事柄を保持する働きをしていること」である。また，「様々な行動場面での情報処理の一時的な保持を担うことにより，情報の処理と保持の並列処理を支え，目標の達成に向かって行動を維持するのに重要な役割を果たすもの」である¹²⁾。

桐野ら（2007）によると，コーディネーショントレーニング時は単純運動をしている時と比べて，運動野・補足運動野・視覚野・頭頂連合野などの脳の血流量が増し，脳の活動の活性が見られ，トレーニング後は前頭葉の前頭前野の活動が増し，複雑な視覚処理やワーキングメモリなど，より高次の脳機能が関与する可能性がある^{3,6)}と報告している。これらの研究のように，コーディネーショントレーニングによる脳の活性部位の研究は行われているが，記憶力が向上することに関する研究はあまり行われていない。

そこで本研究では，コーディネーショントレーニングは記憶力を司るワーキングメモリにどのような影響を与えるのか検証することを目的とした。

2. 方法

2.1. 被験者

被験者は成人男女14名（20代女性：9名，20代男性：2名，30代女性：2名，30代男性：1名）であった。無作為に抽出した7名をトレーニング群，残りの7名をコントロール群とした。本研究を実施するにあたって，被験者にはトレーニング実施に伴う危険性や本実験で得られた情報の扱い方等について十分な説明を行い実験参加の同意を得た。

2.2. リーディングスパンテスト

本研究では，脳の記憶力を測定する方法として日本語版リーディングスパンテストを用いた。本研究で用いたリーディングスパンテストの短文は，学阪満里子著の「脳のメモ帳 ワーキングメモリ」の巻末に記載されているものを用いた¹²⁾。本研究におけるリーディングスパンテストに用いた短文は，大学生が高校卒業までに学習した文の構造や単語，漢字などの熟知性を考慮して，高等学校と中学校の国語の教科書から選択して作成されたものであった。文の長さは，漢字仮名混じりで20文字から30文字であった。リーディングスパンテストは2文から5文条件までそれぞれ5試行ずつ行

うため、2文条件5試行ずつの10文、3文条件を5試行ずつの15文、4文条件を5試行ずつの20文、5文条件を5試行ずつの25文、計70文を用いた。文章は横18cm、縦13cmの白紙に1文が1行で収まるように黒文字で印刷され、ターゲット語の下部に赤線が引かれたものを用いた。また試行間には横18cm、縦13cmの白紙を挿入した。リーディングスパンテストの得点化においては、ワーキングメモリの容量を図ることを目的としているため、小澤（2011）の研究を参考に Total words 法を用い全ターゲット語の再生数を合計した⁹⁾。

2.3. 体力測定

神丸（2010）は、コーディネーショントレーニングによって、体力やスポーツテストの結果が向上したと報告した⁴⁾。本研究においてもコーディネーショントレーニングの体力面の影響を明らかにするため、反復横跳び、立ち幅跳び、閉眼片足立ち、スタートダッシュの4項目を測定した。各項目の測定方法は下記の通りとした。

2.3.1. 反復横跳び

反復横跳びの測定は、文部科学省の新体力テスト実施要項の測定方法を用いた⁷⁾。床にテープでラインを引き、その両側100cmのところに2本の平行ラインを引いた。中央ラインを跨いで立ち、「始め」の合図で右側のラインを超すか、または、踏むまでサイドステップし（ジャンプしてはいけない）、次に中央ラインに戻り、さらに左側のラインを超すかまたは触れるまでサイドステップを行わせた。測定は20秒間繰り返し、それぞれのラインを通過するごとに1点を与えた（右、中央、左、中央で4点になる）。テストは2回実施し、よい方の記録を採用した。測定間には十分な休息時間を設け、連続して行わないように配慮した。

2.3.2. 立ち幅跳び

立ち幅跳びの測定は、文部科学省の新体力テスト実施要項の測定方法を用いた⁷⁾。両足を軽く開きつま先が踏切線の前端に揃うように立たせ、両足で同時に踏み切って前方へ跳ばせた。身体がマットに触れた位置のうち、最も踏み切り線に近い位

置と、踏み切り前の両足の中央の位置（踏切線の前端）を結ぶ直線の距離を計測した。記録はセンチメートル単位とし、センチメートル未満は切り捨てた。テストは2回実施し、よい方の記録を採用した。測定の際の注意事項として、踏み切りの際に二重踏み切りにならないように教示した。

2.3.3. 閉眼片足立ち

閉眼片足立ちの測定は、日本健康運動研究所記載の測定方法を用いた⁸⁾。両手を腰にあて両眼を閉じ、左右の立ちやすい側の足で片足立ち姿勢をとらせた。上げた足は軸足には触れないよう位置させ、高さなどは被験者の任意とした。最大180秒として、軸足が少しでもズレたり、上げた足が床に着いたりした時点で終了とし、その時間を測定した。測定は2回実施し、良い方の記録を採用した。また、1回目・2回目の測定時の軸足は変更してよいこととした。

2.3.4. スタートダッシュ

スタートダッシュの測定は、被験者の左側方から DMC-GF6 デジタル一眼レフカメラ（Panasonic 社製）を用いて25フレーム/秒で撮影し、フリーの動画再生ソフト Aviutl を用いて分析を行った。分析は、スタートから1歩目が接地するまでと、1歩目の接地から2歩目の接地までのコマ数をカウントし、得られたコマ数からタイムを算出した。測定は2回実施し、タイムの良い方を採用した。

2.4. コーディネーショントレーニング

コーディネーショントレーニングの練習メニューは、主婦と生活社出版の「脳に効く！コーディネーション運動」に記載されているトレーニングメニューから抜粋し、トレーニング時間が約30分程度になるように計画し実施した¹⁾。トレーニングは週1回30分間を1か月間実施した。本研究で行ったコーディネーショントレーニングは以下の通りであった。

2.4.1. 1人で行える運動

①指ずらし、数かぞえ：片方の手は親指を折った状態から、両手同時に順番に指を折って数を数

えさせる運動。

②指のはしご登り降り：両手の親指と人差し指を使い、片手の親指ともう片方の手の人差し指を触れさせ、残った親指と人差し指を触れさせた。指を動かして、はしごを上るような動きを行わせた。

③1人じゃんけん：基準となる手を決め、もう片方の手を後出しジャンケンで同じ又は勝つ又は負けるようにテンポよく出させた。

④指アップ：両手を合わせ、指を交互に組み、他者の指示にあった指を立たせた。（例：左中指などと指示を出し、その指を素早く立てた。）

⑤叩いて擦って：椅子に座った状態で、両手を大腿前部に置き、片手はパーにして擦る動作、もう片方は手をグーにして、叩く動作を同時に行わせた。また、指示によって左右の手の動きを入れ替えさせた。

⑥マリオネット：足はパー・グーの2拍子を取り、手は横・上・前の3拍子を同時に行わせた。

2.4.2. 道具を使って1人でできる運動

①タオルギャザー：タオルを広げて持ち両手を胸の高さに上げ、持っているタオルを指先でたぐり寄せた。

②タオルむすんで開いて：タオルを2回、3回と結んでボールの形にし、その後きつく結んだタオルボールを今度はほどかせた。

③タオルボール回し：タオルを結んで作ったボールを腰回り、首回り、膝回り、足を開いて足のまわりで8の字に動かさせた。タオルボールを落とさないように右回り、左回りに回させた。

④タオルボールクラブ：タオルを結んで作ったタオルボールを頭上に高く上げ、ボールが落ちてくるまでの間に、拍手や手をクルクル回しボールをキャッチさせた。

⑤タオルボールお手玉：タオルを結んで作ったタオルボールを手の平にのせて、軽く弾ませた。次に手の甲にのせて軽く弾ませた。慣れてきたら手の平、手の甲、手の平と交互に手首の返し運動を入れて行わせた。

⑥タオルバーハンドチェンジ：タオルを棒のよう

にして長くし両手で水平になるように持たせ、上から持っていた手（順手）をタイミングよく離して逆手に持ち替えさせた。左右で順手と逆手を入れ替えて行わせた。また、タオルが水平になるように持ち、タイミングよく手をクロスさせて持ち替えさせた。タオルを縦にしてタオルを左右から挟むようにして持ち、タイミング良く上下の手を入れ替えさせた。

2.4.3. 友人と一緒にやる運動

①キャッチブル：2人で向かい合ってお互いに左手を出し、手を触れ合わないよう少し離して合わせた。「赤 vs 青」「タイ vs タコ」など言葉の役をそれぞれ決め、役の名前を言われた人が相手の手を握り、言われなかった人は逃げる動作を行わせた。また、右手でジャンケンをして勝ったら左手で相手の左手を捕まえる動作を行わせた。

②指キャッチ：2人で向かい合い、右手の人差し指を立て、左手は指を軽くにぎって筒状にした。お互いに相手の左手の筒に人差し指を入れる。合図で人差し指は逃げ、筒状の手は相手の指を捕まえた。慣れてきたら、左右の手を逆にして行わせた。

③ジャンケンコール：2人で向かい合ってジャンケンをし、相手が出した手の形を数字に置き換えたり、お金に置き換えたりして素早く言わせた。数字やお金に置き換えた場合は、相手と自分が出した数や金額を足し算して答えさせた。慣れてきたら、両手を使い足し算を行わせた。

④リアクションパンチ：2人で向かい合って立ち、ミット役の人が両手をパーにして出し、もう1人は相手がパーにした手をミットに見立ててパンチを行わせた。ミット役の人パーの手を上下左右に動かし、チョキやグーでフェイントを入れた。

⑤ステップオンゲーム：2人で手をつないで立ち、自分の足にタッチされないように、相手の足の甲にタッチした。笛の合図ですばやく反応し、2人で協力してV字を作り、バランスを取らせた。次の合図で再び足タッチの動きに切り換え

させた。

- ⑥手押し相撲：2人で向かい合い、お互いに両手を出して押し合った。フェイントをかけて手を引いたり、押ししたりして相手がバランスを崩すような動きを仕掛けた。慣れたら片手だけでも行わせた。

2.4.4. 道具を使って友人と一緒にやる運動

- ①リアクションキャッチ：2人で向かい合って立ち、1人は両手にボールをそれぞれ1つずつ持ち、2つのボールのどちらか又は両方のボールを落とし、キャッチする人はボールに反応して素早く手を出してボールを取らせた。キャッチする人は、手を腰に置いた状態や横臥位の状態で行わせた。

- ②タオルボクシング：タオルの端を結んで作ったタオルサンドバックを1人がぶら下げるようにして持って立ち、もう1人は椅子に座り手でこぶしを作ってサンドバックにパンチさせた。サンドバックを持った人は上下左右に動かしたりして、フェイントをつけた。

2.4.5. 状況をつかんだ運動

- ①歌ってリズムタッチ：6, 7人で円になって座り、左手で左側の人の肩を4つ叩き、次に右手で右側の人の肩を4つ、左側の肩を2つ、右側の肩を2つ、左側の肩を1つ、右側の肩を1つ叩き、最後に自分の胸の前で1つ拍手させた。

この動きを「もしもしかめよ」の歌を歌いながら行わせた。

2.5. 統計処理

統計処理はExcelを用いてトレーニング群とコントロール群の比較は対応のないt検定を行った。また、トレーニング前後の比較は対応のあるt検定を行い、有意水準は5%未満とした。

3. 結果

3.1. リーディングスパンテスト

表2はリーディングスパンテストの各条件の正答数及び合計の正答数を示している。トレーニング群の正答数においては、2文条件では 7.43 ± 0.90 から 9.00 ± 1.07 に、5文条件では 9.57 ± 2.27 から 12.29 ± 4.23 に、合計の正答数では 36.00 ± 7.50 から 42.00 ± 8.57 に有意に増加した。コントロール群においては、3文条件において 7.29 ± 2.12 から 9.86 ± 3.09 に、合計の正答数では 33.43 ± 8.57 から 38.86 ± 9.51 に有意に増加した。両群ともにトレーニング後の測定において、有意な向上ではないものの全ての条件において正答数の増加が認められた。しかしながら、トレーニング前後において両群間に有意な差は認められなかった。

表2 リーディングスパンテストの正答数（平均値±標準偏差）

		2 文	3 文	4 文	5 文	合 計
トレーニング群	前	7.43 ± 0.90	8.71 ± 2.76	10.29 ± 2.86	9.57 ± 2.77	36.00 ± 7.50
	後	$9.00 \pm 1.07^*$	10.14 ± 3.18	10.57 ± 1.92	$12.29 \pm 4.23^*$	$42.00 \pm 8.57^{**}$
コントロール群	前	8.14 ± 1.96	7.29 ± 2.12	9.00 ± 2.83	9.00 ± 4.17	33.43 ± 8.57
	後	9.29 ± 0.70	$9.86 \pm 3.09^{**}$	9.43 ± 3.09	10.29 ± 5.36	$38.86 \pm 9.51^{**}$

* : $p < 0.05$ **: $p < 0.01$

表3 リーディングスパンテストの正答率（%）

		2 文	3 文	4 文	5 文	合 計
トレーニング群	前	74.29	58.1	51.43	38.29	51.43
	後	90	67.62	52.86	49.14	60
コントロール群	前	81.43	48.57	45	36	47.76
	後	92.86	65.71	47.14	41.14	55.51

3.2. 体力テスト

表4はトレーニング前後の体力テストの結果をまとめたものである。その結果、トレーニング前後及び両群間において全ての測定項目において有意な向上は認められなかった。

表4 体力テスト結果（平均値±標準偏差）

		反復横とび	立ち幅跳び	閉眼片足立ち	スタートダッシュ (スタート～1歩)	スタートダッシュ (1歩～2歩)
トレーニング群	前	45.29±3.41	180.0 ±15.37	66.0 ±44.73	1.59±0.16	0.30±0.05
	後	46.14±2.64	174.43± 9.42	46.71±30.27	1.66±0.16	0.27±0.03
コントロール群	前	47.86±3.41	177.71±15.16	83.86±52.66	1.59±0.23	0.33±0.10
	後	47.86±2.72	177.71± 8.14	45.57±31.79	1.65±0.26	0.28±0.05

4. 考察

本研究は、コーディネーショントレーニングがワーキングメモリにどのような影響を与えるのか明らかにすることを目的とした。ワーキングメモリを測定するリーディングスパンテストにおいて、一番大きな差が見られたのはトレーニング群の5文条件の正答数であった。表2の結果のように、両群ともに全ての条件において正答数は増加したものの、特に5文条件では、1カ月前後でトレーニング群は1.29上昇し、コントロール群は1.29上昇した。両群間に有意差は認められないもののトレーニング群の正答数がコントロール群よりも顕著であったことから、コーディネーショントレーニングによる効果があったと推察される。本研究においては、週1回30分間のトレーニングを1カ月間という低頻度で短期間のトレーニングであったことから、トレーニング頻度の増加や期間を延長することで更なる効果が期待される結果であった。以上のことから、本研究におけるコーディネーショントレーニングがワーキングメモリにポジティブな影響を与えたと示唆された。

表3のように、2文条件から5文条件の正答率を比較すると、問題文数が多い問題の正答率が低い傾向にあった。表2からわかるように、トレーニング前後における比較で有意な差が認められた

のは、トレーニング群の2文条件・5文条件と、コントロール群の3文条件であった。その中で、トレーニング群の2文条件とコントロール群の3文条件で正答率の向上が見られたのは、トレーニング前の正答数・率が低かったことが影響したと考えられる。

本研究においては、コントロール群においても、全ての条件において正答数の増加が認められた。本研究のトレーニング前のリーディングスパンテストにおける被験者の様子は、両群ともにトレーニング後に実施したリーディングスパンテスト時より動揺が見られた。トレーニング後のリーディングスパンテストでは初見のテストではないため、比較的落ちついて受けていたように感じた。このことから、コントロール群における正答率の向上は学習効果によるものと考えられるが、トレーニング群の2文条件、5文条件の正答率の増加がコントロール群を上回った。このことは、学習効果以上にコーディネーショントレーニングがワーキングメモリに良い影響を与えたためと推察される。

神丸（2010）の研究において、小学6年生男子17名にコーディネーションを週2回、3カ月実施したところ、上体起こし、長座体前屈、反復横跳び、20mシャトルラン、立ち幅跳びの5項目全てにおいて体力の向上が見られたと報告した⁴⁾。このことから、コーディネーショントレーニングは

体力向上に効果があることが示唆される。しかしながら本研究では、反復横跳び、立ち幅跳び、閉眼片足立ち、スタートダッシュの全てにおいて、反復横跳びの回数とスタートダッシュの1歩目から2歩目までのタイムにおいて、トレーニング群では若干の改善がみられたものの有意な向上は認められなかった。本研究で行った週1回、1カ月のコーディネーショントレーニングでは体力の向上は認められなかったが、先行研究と同様に3か月以上のトレーニングの実施によって体力テストの結果が向上する可能性が示唆された。

本研究で実施したコーディネーショントレーニングは、1人または2人で行うことが出来る遊びやペアでの運動を中心に行った。そのため、体力テストで求められるようなダイナミックな身体活動を含んだトレーニング内容ではなかった。このことから、トレーニング内容を工夫することによって、ワーキングメモリを高めるとともに体力テストの向上も期待できるトレーニングであることが示唆された。

5. まとめ

本研究では、コーディネーショントレーニングがワーキングメモリに及ぼす影響を検討したところ、以下の結論が得られた。

①本研究で行ったコーディネーショントレーニングによって、ワーキングメモリに有意な向上が認められた。リーディングスパンテストの2文条件、5文条件でコントロール群以上にトレーニング群の正答数、正答率が向上したことはコーディネーショントレーニングの効果と示唆された。

②本研究で行ったコーディネーショントレーニングでは、反復横跳び、立ち幅跳び、閉眼片足立ち、スタートダッシュにおいて有意な向上は認められなかったが、トレーニング期間を延長することによって体力が向上する可能性が示唆された。

6. 参考文献

- 1) 荒木秀夫, 多田ゆかり, 桐野衛二著 (2007) 脳に効く! コーディネーション運動, 主婦と生活社出版, p3.
- 2) 東根明人監修 (2005) 体育授業を変えるコーディネーション運動65選—心と体の統合的・科学的指導法, 明治図書出版.
- 3) 東根明人, 桐野衛二, 土屋基 (2005) コーディネーショントレーニングと脳の活性部位: 効果的な運動プログラムとは?, 平成16年度順天堂大学学長特別共同プロジェクト研究成果抄録, 順天堂医学, 51(3), p421.
- 4) 神丸一祐 (2010) 「体づくり運動」としてのコーディネーショントレーニング, 鹿児島純心女子大学国際人間学部紀要, 17, pp45-57.
- 5) 楠孝文, 渡部潤一, 田内広子 (2010) 発達障害児に対するコーディネーショントレーニングの効果, 体育の科学, 60(5), pp349-353.
- 6) 桐野衛二, 東根明人 (2008) コーディネーショントレーニングのこころと脳に対する効果, 平成19年度学長特別共同プロジェクト研究報告書, 順天堂医学, 54(4), pp528-529.
- 7) 文部科学省 HP, 新体力テスト, http://www.mext.go.jp/a_menu/sports/stamina/03040901.htm.
- 8) 日本健康運動研究所 HP, <http://www.jhei.net/exer/measurement/me04.html>.
- 9) 小澤功一 (2011) リーディングスパンテストの得点化においてターゲット語再生に影響を与える要因の検討, 早稲田大学大学院教育学研究紀要, 別冊19-1, pp171-179.
- 10) 杉浦令人ら他12名 (2008) 要支援・軽度介護高齢者に対するコーディネーショントレーニングを取り入れた集団リズム運動が心身機能にもたらす効果—6週間の短期介入における考察—, 第44回日本理学療法学会大会抄録集, E3P1196-E3P1196.
- 11) 特定非営利法人日本コーディネーショントレーニング協会 HP, <http://jacot.jp/about/co-ordination/>.
- 12) 芦阪満里子著 (2002) ワーキングメモリー—脳のメモ帳—, 新曜社出版, pp3-4, p56, pp189-192. 巻末資料「日本語版リーディングスパンテスト」

注

- * 本学発達教育学部ジュニアスポーツ教育学科
- ** 本学発達教育学部ジュニアスポーツ教育学科
2016年度卒